

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-190106

(43)Date of publication of application : 21.07.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/10  
G02F 1/01  
H04B 10/14  
H04B 10/06  
H04B 10/04

(21)Application number : 09-311469

(71)Applicant : NORTHERN TELECOM LTD

(22)Date of filing : 27.10.1997

(72)Inventor : EPWORTH RICHARD EDWARD  
FORBES DUNCAN JOHN

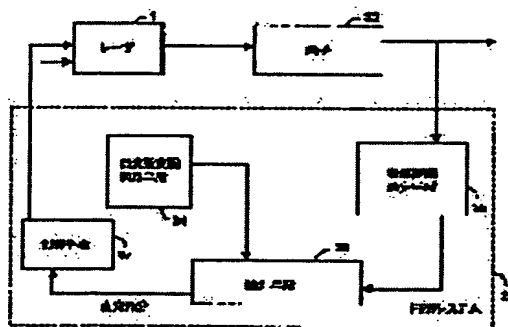
(30)Priority

Priority number : 96 741587 Priority date : 31.10.1996 Priority country : US

**(54) SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING LASER FREQUENCY AND SYSTEM AND METHOD FOR PROCESSING SIGNAL****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce or eliminate errors which occur in a dither amplitude due to an unnecessary AM component outputted as a result of dither modulation.

**SOLUTION:** A laser frequency control system which controls the frequency of a laser 1 in an optical transmission system is composed of a means 34 which performs frequency modulation on the laser 1, a means 35 which is provided on the downstream side of the laser 1 and decides amplitude modulation in a signal caused by the frequency modulation, a means 36 which discriminates an amplitude-modulated section the phase of which intersect that of the modulated frequency at nearly right angles, and a means 37 which controls the frequency of the laser 1 based on the discriminated orthogonal section. An optical element positioned on the downstream side of the laser 1 has a response which converts FM components into AM components, and the response and frequency output from the laser 1 can be locked to each other without causing any error due to the unnecessary AM component in the modulated frequency of transmitted signals.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

24.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-190106

(43)公開日 平成10年(1998)7月21日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup> 識別記号

H O 1 S 3/10

G 0 2 F 1/01

H04B 10/14

10/06

10/04

FI

H01S 3/10

G O 2 F 1/01

H04B 9/00

A

**S**

審査請求 未請求 請求項の数23 FD (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-311469

(22)出題日 平成9年(1997)10月27日

(31)優先権主張番号 08/741587

(32)優先日 1996年10月31日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 390023157

ノーザン・テレコム・リミテッド

NORTHERN TELECOM LIMITED

カナダ国、エイチ2ワイ 3ワイ4、ケベック、モントリオール、エスティ、アントイン ストリート ウェスト 380 ワールドトレード センタ オブ モントリオール 8フロア

(74) 代理人 弁理士 泉 和人

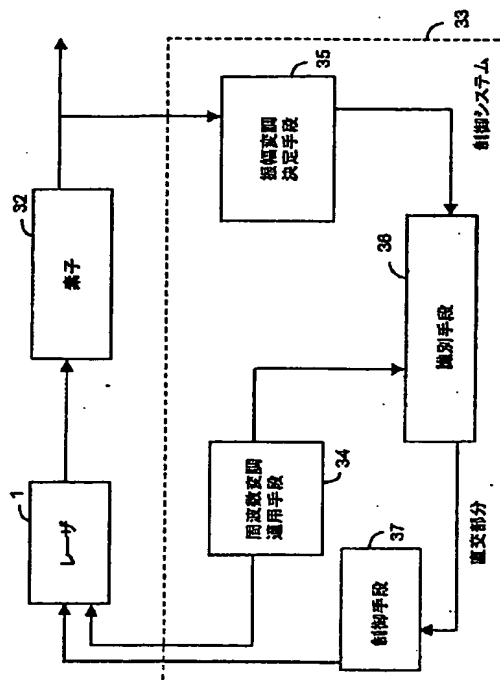
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 レーザ周波数制御システム、レーザ周波数制御方法、信号処理システム、および信号処理方法

(57)【要約】

【課題】 ディザ変調の結果出力される不要なAMに起因する、ディザ振幅中のエラーを減少させたり、除去する。

【解決手段】 光伝送システムでレーザ1の周波数を制御するレーザ周波数制御システムは、レーザに周波数変調を施す手段3 4、レーザの下流にあり周波数変調に起因する信号中の振幅変調を決定する手段3 5、周波数変調とほぼ位相が直交する振幅変調部分を識別する手段3 6、識別した直交部分に基づいてレーザの周波数を制御する手段3 7より構成される。レーザの下流に位置する光素子は、FMをAMに変換する応答を有し、レーザからの応答、周波数出力は、送信信号の変調周波数中にある不要なAMによるエラーなしに、相互にロックできる。



1

## 【 特許請求の範囲】

【請求項1】 光伝送システムにおけるレーザの周波数を制御するレーザ周波数制御システムであって、このレーザの光出力は光素子を通過し、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該レーザ周波数制御システムは、

前記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせる手段と、

前記光素子の出力に現れる振幅変調を検出する検出手段と、

前記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、前記検出された振幅変調の部分を決定する決定手段と、

前記直交する部分に基づいて前記レーザの周波数を制御する制御手段とを備えることを特徴とするレーザ周波数制御システム。

【請求項2】 レーザ電流を直接変調して前記周波数変調を行うことを特徴とする請求項1記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項3】 前記決定手段は、前記レーザの振幅変調と前記決定された振幅変調との比較を行う位相感知比較手段を備えることを特徴とする請求項1または2記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項4】 さらに、前記位相感知比較手段への入力の前に、前記レーザの振幅変調または前記検出された振幅変調を、他の変調に対して位相推移させる手段を備えることを特徴とする請求項3記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項5】 前記周波数変調を施す手段は、ディザ発振器を備え、この発振器は、前記位相感知比較手段への入力用に直交信号を出力して、前記位相推移を行うよう動作することを特徴とする請求項4記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項6】 前記決定手段は、選択された周波数帯を抽出し、この選択した周波数帯を前記検出された振幅変調の部分より区別する手段を備えることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項7】 前記検出手段は、前記光素子によって排除された入力信号の一部に基づいて動作することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項8】 前記検出手段は、レーザから離れた位置にあることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項9】 前記周波数変調の周波数は、直交部分が最大となるよう決定されることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項10】 前記制御手段は、前記レーザの周波数と前記光素子の周波数応答との一定の関係を維持するこ

2

とを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項11】 レーザと、このレーザの下流に位置する光素子と、このレーザの周波数を制御する請求項1記載のレーザ周波数制御システムとを備えることを特徴とする光伝送システム。

【請求項12】 光伝送システムにおいてレーザ下流の光素子の周波数応答を制御するレーザ周波数制御システムであって、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該レーザ周波数制御システムは、

前記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせる手段と、

前記光素子の出力に現れる振幅変調を検出する検出手段と、

前記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、前記検出された振幅変調の部分を決定する決定手段と、

前記直交する部分に基づいて前記光素子の周波数応答を制御する制御手段とを備えることを特徴とするレーザ周波数制御システム。

【請求項13】 前記制御手段は、前記光素子の周波数応答の中心周波数を、前記レーザの中心周波数にロックすることを特徴とする請求項12記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項14】 前記光素子は、狭帯域フィルタ機能を実行することを特徴とする請求項12または13記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項15】 前記光素子は、分散補償特性を有することを特徴とする請求項12乃至14のいずれかに記載のレーザ周波数制御システム。

【請求項16】 光伝送システムにおいてレーザの周波数を制御する制御方法であって、このレーザの光出力は光素子を通過し、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該レーザ周波数制御方法は、

前記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせるステップと、

前記光素子の出力に現れる振幅変調を検出するステップと、

前記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、前記検出された振幅変調の部分を決定するステップと、

前記直交する部分に基づいて前記レーザの周波数を制御するステップとを備えることを特徴とするレーザ周波数制御方法。

【請求項17】 レーザを備える光伝送システムにおける情報送信方法において、このレーザが、請求項16記載の制御方法で制御されることを特徴とする情報送信方法。

10

20

30

40

50

3

【請求項18】 光伝送システムにおいてレーザ下流の光素子の周波数応答を制御する制御方法であって、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該レーザ周波数制御方法は、

前記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせるステップと、  
前記光素子の出力に現れる振幅変調を検出するステップと、

前記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、前記検出された振幅変調の部分を決定するステップと、

前記決定された部分に基づいて前記光素子の周波数応答を制御するステップとを備えることを特徴とするレーザ周波数制御方法。

【請求項19】 レーザと、このレーザの下流に位置する光素子とを備える光伝送システムにおける情報送信方法において、この光素子は、請求項18記載の制御方法で制御されることを特徴とする情報送信方法。

【請求項20】 請求項16記載の制御方法でレーザを制御することによって、光伝送システムにおいて、このレーザの周波数と、このレーザの下流に位置する光素子の周波数応答との一定の関係を維持することを特徴とするレーザ周波数維持方法。

【請求項21】 請求項18記載の制御方法で光素子を制御することによって、光伝送システムにおいて、レーザの周波数と、このレーザの下流に位置する前記光素子の周波数応答との一定の関係を維持することを特徴とするレーザ周波数維持方法。

【請求項22】 光伝送システムにおいてレーザの下流の信号を処理し、そのレーザの出力に施された周波数変調の効果を判定する信号処理システムにおいて、前記信号中に存在し、前記施された周波数変調に属する振幅変調を決定する手段と、  
前記施された周波数変調にほぼ位相が直交する前記振幅変調の部分を決定する手段とを備えることを特徴とする信号処理システム。

【請求項23】 光伝送システムにおいてレーザの下流の信号を処理し、そのレーザの出力に施された周波数変調の効果を判定する信号処理方法において、前記信号中に存在し、前記施された周波数変調に属する振幅変調を決定するステップと、  
前記施された周波数変調にほぼ位相が直交する前記振幅変調の部分を決定するステップとを備えることを特徴とする信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送システムにおけるレーザ周波数制御システム、光コンポーネントの周波数応答を制御するレーザ周波数制御システム、レーザ周波数を制御するレーザ周波数制御方法、光コンポー

4

ネントの周波数応答を制御するレーザ周波数制御方法、光伝送システムにおける信号処理システム、および光伝送システムにおける信号処理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】米国特許第5,347,392号からは、空洞にディザをかけ、その空洞が切り替えられるときの出力強度の変動を監視することによって、可調共振空洞変調器の応答をロックすることを知ることができる。このロック処理は、さらにディザを行うことなく、ランダムデータ列のみを用いても可能である。

【0003】低周波のディザ信号を送信光信号に重畳して、例えば、ノイズの監視、あるいは誘導ブリュアン散乱(SBS)の抑制といった、様々な目的に用いることはよく知られている。米国特許第5,373,385号(ダーシーおよびウッドワードによる)は、低周波ディザによる光搬送波の周波数変調を開示している。この周波数変調は、光伝送システムにおける誘導ブリュアン散乱を低減させるよう機能し、マルチパス妨害が引き起こすノイズを減少させることができる。

【0004】原理的には、ディザ信号を用いて、受動的な周波数基準となるような特定狭帯域光素子、あるいは色分散補償器を、送信信号の動作波長にロックすることが必要な場合、そのディザ信号を光素子に印加して、周波数に対する応答を変化させたり、または、例えば、レーザ源を直接変調することによって、光素子の下流にディザ信号を印加することができる。

【0005】この周波数ディザの行われた信号が狭帯域デバイスを通過するとき、小変調電流がレーザに印加されて、光振幅を変調する場合(また、周波数変調をも生じさせる場合)、周波数に対する応答勾配が、結果的にFMからAMへの復調となる。レーザ出力周波数と狭帯域デバイスの応答曲線との間の相対アライメントが変化すると、勾配が有限なところで、FMからAMへの復調が起こる。勾配が急であればあるほど、FMが大きく復調される。

【0006】通常、正弦波ディザ変調を用いて、単に同期させて復調信号を検出し、また、ゼロ基本波の状態にロックすることにより、システムを狭帯域素子の中心にロックさせることができる。これは、印加されたディザ変調信号と同相の監視信号の部分を、同期させて検出することによって行われる。

【0007】そこで、ディザ変調信号と同相の、検出されたエラー信号を0方向にもっていくように、レーザの出力周波数、または、狭帯域素子の応答を調整することができる。エラーを0方向にもっていくことによって、狭帯域素子の応答曲線のピークにロックすることが可能となる。

【0008】図1は、公知の光伝送システムの概略ブロック図である。図1において、レーザ1は、光出力を生成し、それが外部変調器2へ送られ、続いて狭帯域フィ

5

ルタ3へと供給される。このレーザ出力の制御は、その温度およびレーザ電流を制御することによってなされる。レーザ温度および/またはバイアス電流は、フィードバック・ループにより制御される。

【0009】このフィードバック・ループには、低域通過フィルタ機能を有する光電変換器4、狭帯域フィルタ3の監視出力とレーザに施されたディザ変調を示す信号とを比較する位相感知比較器5がある。ディザ発生器6は、レーザ電流を変調してレーザを直接変調するのに適したディザを生成する。

【0010】位相感知比較器5は、狭帯域フィルタ3から出力される監視信号の部分(ディザ発生器6の出力と同相)を検出するよう動作する。狭帯域フィルタ3の出力端に現れる、ディザの振幅を示すエラー信号は、温度補償発生器7aにフィード・バックされる。この温度補償発生器7aは、レーザ温度および/またはバイアス電流を制御し、それによって、レーザの出力周波数を制御する。

【0011】位相感知比較器5の出力端におけるエラー信号は、レーザの動作周波数における、フィルタ3の応答勾配を示す。温度補償発生器7aは、レーザ温度および/またはバイアス電流を調節し、それによってレーザ出力の周波数も調整するよう動作して、レーザの出力周波数をフィルタの曲線勾配が0になる点、すなわち、応答曲線のピークに移動して、エラー信号を0に減少させる。

【0012】レーザ周波数を安定させる方法の一例として、注入電流を直接変調し、出力に50MHzの周波数変調を起こして、それを、ファブリ・ペロー・エタロンを介して出力するものがある。そして、この注入電流は、周波数エラー信号に基づいて制御され、レーザ周波数がエタロンの共鳴振動数にロックされる。これは、リー(Le)らによる、「直接変調レーザの周波数安定化」(Rev. Sci. Instrum. 61(9), 1990年9月, 2478~2480頁)に開示されている。

【0013】図2は、図1に類似した構成を示しており、そこでは、エラー信号が、可調フィルタ23のピーク周波数を制御する応答制御手段8へ送られ、レーザの出力周波数と一直線上にピーク周波数が保持されるようになる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記のレーザ周波数制御システムや、ディザ発生源の下流に位置するディザの振幅の検出に依存するノイズ監視システム、または他の監視システムにおける精度不良の原因の一つに、このディザと同じ周波数で他に振幅変調源が発生するということがある。特に、半導体レーザの多くは、直接変調されるときに、FMだけではなくAMをも発生する。

【0015】これによって、上述のレーザ周波数制御シ

6

ステムには、「整合残存エラーがある」ことを意味するエラーが生じる。これは、レーザ生成によるAMを打ち消すような復調FMに対する応答中に、十分な勾配を有する点では、エラーが0となるためである。勾配が最も急なところで、発生したAMが最大復調FMより大きければ、レーザ周波数制御システムはロック処理を行わない。

【0016】また、ディザを、制御用ではなく監視用として用いる場合、レーザによって発生されたAMは、監視結果に定常的なエラーを引き起こすという問題がある。

【0017】本発明は、上述の課題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、上記従来の方法およびシステムを改良することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明は、以下の構成を備える。本発明の第1の態様によれば、光伝送システムにおけるレーザの周波数を制御するレーザ周波数制御システムであって、このレーザの光出力は光素子を通過し、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該レーザ周波数制御システムは、上記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせる手段と、上記光素子の出力に現れる振幅変調を検出する検出手段と、上記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、上記検出された振幅変調の部分を決定する決定手段と、上記直交する部分に基づいて上記レーザの周波数を制御する制御手段とを備えるレーザ周波数制御システムが提供される。

【0019】また、本発明において、レーザ振幅変調は、レーザ電流を直接変調することによって行われる。素子は狭帯域フィルタが好ましい。

【0020】本発明の他の態様によれば、光伝送システムにおいてレーザ下流の光素子の周波数応答を制御するレーザ周波数制御システムであって、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該レーザ周波数制御システムは、上記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせる手段と、上記光素子の出力に現れる振幅変調を検出する検出手段と、上記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、上記検出された振幅変調の部分を決定する決定手段と、上記直交する部分に基づいて上記光素子の周波数応答を制御する制御手段とを備えるレーザ周波数制御システムが提供される。

【0021】また、本発明の他の態様によれば、光伝送システムにおいてレーザの周波数を制御する制御方法であって、このレーザの光出力は光素子を通過し、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該制御方法は、上記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせるス

テップと、上記光素子の出力に現れる振幅変調を検出するステップと、上記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、上記検出された振幅変調の部分を決定するステップと、上記直交する部分に基づいて上記レーザの周波数を制御するステップとを備える制御方法が提供される。

【0022】さらに、本発明の他の態様によれば、光伝送システムにおいてレーザ下流の光素子の周波数応答を制御する制御方法であって、この光素子の出力振幅は、入力周波数および入力振幅に依存し、当該制御方法は、上記レーザに変調を施して、このレーザの光出力に周波数変調と振幅変調を生じさせるステップと、上記光素子の出力に現れる振幅変調を検出するステップと、上記レーザの光出力中の振幅変調にほぼ位相が直交する、上記検出された振幅変調の部分を決定するステップと、上記決定された部分に基づいて上記光素子の周波数応答を制御するステップとを備える制御方法が提供される。

【0023】本発明のさらなる態様によれば、光伝送システムにおいてレーザの下流の信号を処理し、そのレーザの出力に施された周波数変調の効果を判定する信号処理システムにおいて、上記信号中に存在し、上記施された周波数変調に属する振幅変調を決定する手段と、上記施された周波数変調にほぼ位相が直交する上記振幅変調の部分を決定する手段とを備える信号処理システムが提供される。

【0024】また、本発明の他の態様によれば、光伝送システムにおいてレーザの下流の信号を処理し、そのレーザの出力に施された周波数変調の効果を判定する信号処理方法において、上記信号中に存在し、上記施された周波数変調に属する振幅変調を決定するステップと、上記施された周波数変調にほぼ位相が直交する上記振幅変調の部分を決定するステップとを備える信号処理方法が提供される。

【0025】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 本発明をより良く理解できるように、また、本発明が、どのようにして実施されるのかについて、例を用いて説明するため、以下、図面を用いて発明の実施の形態を説明する。

【0026】図3を用いて、本発明に係る改善された構成を説明する。本発明は、(印加された変調電流、および、その結果としての振幅変調に対して) FM変調の位相が、変調周波数とともに変動するという事実を利用している。半導体レーザは、一般的に直流から高周波まで、印加された電流変調と光出力の強度(振幅変調)との間に、無視できる位相差を呈する。

【0027】これによって、半導体レーザを、かなりの高データ速度による直接変調に用いたり、直流までのスペクトル成分を有するデータ・パターンで用いることができるようになる。反対に、周波数変調特性は、情報帯

域幅に渡って変化する。中～高周波数(例えば、10 MHz ~ 1 GHz)では、レーザ周波数が駆動電流とともに増加する。これは、ホール密度の増加による屈折率の減少が主に影響するからである。直接変調されたレーザでは、通常、このキャリヤ効果FMが、主なチャープ・メカニズムとなる。

【0028】直流および低周波数では、レーザの熱膨張によって生じるもう1つのFMメカニズムの影響を受けて、周波数が駆動電流とともに減少する。高周波数では、熱慣性のせいで、この影響がなくなり、位相が同相へと変化する。従って、低周波数では、これら2つの影響が逆相になっている。

【0029】状態図の下半分では、4つの異なった周波数に対する熱効果が示されている。曲線は、周波数が変化するにつれて、ベクトルの先端がたどる経路を示している。低周波数では、位相は、キャリヤ効果成分の位相からほぼ180°離れ、高周波数では、位相が、キャリヤ効果成分の位相から90°離れる。図から分かるように、熱効果の大きさは、周波数が増加するにつれて小さくなる。

【0030】全FM出力は、これら2つの成分のベクトル和である。このことが、2つの周波数に対して示されている。広い周波数範囲に渡って、周波数変調に直交する、かなりのベクトル和の成分が存在する。図3では、ベクトル和がどの程度右側に伸びているかが、直交成分の強度を示すことになる。

【0031】変調周波数は、ベクトル和の直交成分の大きさが最大となるように選ぶのがよい。通常、キャリヤ密度の変動およびレーザ素子中の熱特性によって異なるが、数10から数100 kHzにおいて最大値が得られる。これらは、使用する特定の装置構成によって変わる。さらに、直交信号の大きさは、レーザのFM/AM係数が違えば変わる。

【0032】それでも、これらが影響して、制御ループにおいてオフセット・エラーが生じることはない。それは、このループが単に0エラーに安定するためである。施した変調に対して、直交する部分のみを検出し、使用することによって、不必要なAMによって生じるオフセット・エラーを減少させたり、あるいは除去することができる。

【0033】実施の形態2. 図4は、本発明の他の実施の形態に係るレーザ周波数制御システムを概略的に示す図である。このレーザ周波数制御システムは、レーザ1の周波数を制御するのに用いられる。このレーザ1は光信号を出力し、出力された光信号は、素子32を通過する。素子32は、狭帯域フィルタ、あるいは、それに相当するもので、例えば、狭帯域周波数応答や狭帯域吸収ガス・セルを有するファイバ・グレーティング分散補償器である。この素子の応答の勾配が急であればあるほど、また、そのピークが急峻であればあるほど、レーザ

の周波数制御を精度良く行うことができる。

【0034】レーザ周波数制御システム33は、振幅変調決定手段35、施した周波数変調に直交する部分を識別する識別手段36、この直交部分に基づいてレーザの出力周波数を制御する制御手段37を含んでいる。好ましくは、この制御手段37は、直交成分を0方向にもっていくよう構成して、レーザ周波数を、素子32の周波数応答のピークにロックするようにする。この直交成分を、強いて0でない特定の値にすることによって、既知の勾配の1点にロックするように構成することもできる。これは、頭頂部が平坦な応答を有するフィルタの片側にロックするのに有用である。

【0035】図4には、周波数変調適用手段34も示されている。この周波数変調適用手段34は、識別手段36にも供給を行って、この識別手段36がレーザ変調に直交する部分を得るようにしている。

【0036】レーザ変調は、レーザの光出力より決定することができる。しかし、それには、光電変換が必要であるが、この変換がハードウェアのコストを高くする。これは、図8において、素子32がレーザと共存していない場合に必要となる。印加された変調信号とレーザ出力との間に、ほとんど位相推移がなければ(通常、顕著な直交成分がある最適周波数範囲において、このようになる)、レーザに印加された変調信号を用いてレーザ変調を示す方が、より便利である。

#### 【0037】実施の形態3

図5は、図4の構成について、その一例を示す。図5において、光素子はフィルタ3として示されている。光路中には、外部変調器2もある。ディザ発生器6は、レーザ電流を変調し、それによって、レーザ出力が振幅および周波数変調されるようにしている。レーザ出力の周波数はまた、温度制御手段7でオフセット状態に調節される。

【0038】この温度制御手段7は、位相感知比較器5の出力に低域通過フィルタをかけて得られたエラー信号を受信する。このエラー信号は、レーザ電流に施された変調に直交するフィルタ3の出力上の、振幅変調の量に比例する直流値を有している。温度制御手段7は、レーザ1の周波数を調節して、エラーを0方向に減らしたり、所定値に減少させるよう動作する。施した変調に直交する部分を検出するには、その変調の位相を、位相推移( $-\pi/2$ 位相推移)手段9を用いて推移させる。この位相推移手段9からの出力は、位相感知比較器5に印加される。

【0039】位相推移手段9は、位相ロックループによって実現できる。位相ロックループは、同期検出を行い、その結果を積分する。積分された結果は、出力を0にするようフィード・バックされる。単一の周波数や、十分に狭い帯域に対して、出力は入力に直交する。この積分機能によって、位相ロックループは、狭い範囲の周

波数の平均直交値を示す出力を生成することができる。

【0040】このような狭い範囲の周波数では、わずかに異なる位相推移を経た、異なるスペクトル成分によるエラーが生じる。しかしながら、位相ロック処理は、そのようなエラーの総計を強制的に0にすることができ、その結果、平均直交出力を生成する。

【0041】上述のように、レーザ出力における周波数変調は、フィルタ3の応答に勾配があるため、いくらか振幅変調を起こす。この振幅変調の量は、光電変換手段4によって検出される。光電変換手段(通常は、PINダイオード)4は、関連する電気増幅段とともに、顕著な低域通過のフィルタ効果を有する。

【0042】実施の形態4. ディザ発生器6によって施された変調は、制御ループをもっと簡単かつ安価に構成できるようにするため、比較的低周波数でなければならない。様々な異なる目的にディザを適用することができるので、そのディザに含まれる周波数範囲がある。従って、図6に示すように、ディザが位相推移手段9に入力される前段階に、狭帯域フィルタ10を設けるようにしても良い。

【0043】選択された周波数範囲は、施された変調について良好な直交FM成分が得られるような範囲でなければならない。これは、10kHzから数100kHzの範囲にあることになる。この範囲から狭帯域のみが選択された場合、直交条件をより正確に設定できることから、位相感知比較器5の動作が増強される。

【0044】実施の形態5. 図7に別の例を示す。図7において、ディザ発生器6からの直交出力は、直接、位相感知比較器5に供給される。これにより、位相ロック・ループといった位相推移手段、および、その前段に位置するフィルタが不要となる。このディザ発生器6は、正弦波あるいは方形波ディザを生成する発振器でもよい。この場合、高速発振器を分割することによって、簡単に直交信号を生成することができる。

【0045】一方、ディザ発生器6は、より複雑なデータ・パターンを生成するものでもよい。例えば、ミラー符号化された2進パターンが変調に適しており、この場合、適当な周波数範囲に渡るスペクトルを有する、このデータ・パターンに直交する信号を生成できたり、あるいは、データ・パターンの1つの主スペクトル線に直交する、デューティが50%の正弦波または方形波信号を生成することができる。短波長パターンを使用する場合には、直交信号を取り出すことができるような、十分な主スペクトル線がなければならない。

【0046】実施の形態6. 図8は、本発明に係る別の実施の形態を概略的に示す。図8に示す実施の形態は、以下の点で、図4の実施の形態と異なる。すなわち、制御手段67が、レーザ1の出力周波数の代わりに、素子32の周波数応答を調節するようになっている。この実施の形態でも、周波数変調適用手段34によって、レー

ザ1 にディザが施される。

【0047】同様に、制御手段67もまた、施したレーザ変調に直交する、決定した振幅変調の部分に応じて動作できる。この制御手段67は、素子32の周波数応答を調節して、直交成分を0方向に減少させるよう動作する。これにより、素子の周波数応答を、レーザ1の出力周波数にロックすることが可能となる。上記すべての場合において、レーザ出力の周波数変動は非常に少なく、通常は、数GHzとなる。

【0048】実施の形態7. 図9において、応答制御手段8は、図8における制御手段67の機能を行う。この応答制御手段8は、可調フィルタ23を駆動して、位相感知比較器5から出力される直交成分、またはエラー信号を0方向に減らす。実際には、このような制御手段は、デジタル・マイクロプロセッサで実現できる。同様に、温度補償発生器7a(図1参照)も、適当な制御アルゴリズムを実行する蓄積プログラムを有するデジタル・マイクロプロセッサで実現できる。

【0049】位相感知比較器5は、従来のアナログ回路、または、原理的にはマイクロプロセッサやデジタル信号プロセッサで、デジタル形式で実現できる。

【0050】光素子、または、レーザの下流における信号中の振幅変調を決定する手段は、レーザ周波数制御システムやレーザの近くに配置する必要はない。従って、レーザから離れた位置にあるフィルタを、レーザの周波数制御に用いることができる。さらに、レーザから離れたところに位置する可調フィルタを、離れた位置にあるレーザに施したディザを用いて、上記のレーザ周波数制御システムに基づいて制御するようにしてもよい。この場合、離れたフィルタへの入力をタップ出しすることによって、遠隔におけるレーザ振幅変調を示す信号を取り出すのが好ましい。この信号は、図5との関連で説明したように、位相推移の後、直交検出器に入力される。

【0051】なお、その他の変形例については、請求の範囲を逸脱しない限りにおいて可能である。本発明は、特にレーザ周波数制御システムに適用できるが、他の用途については、ディザ信号を他の目的に用いたり、レーザ1や光路中にある他の素子がもたらす不要なAMをフィルタで除くのが好ましい場合に可能である。

【0052】さらに、当業者に明らかなように、上記の好適な特性は、相互に組み合わせたり、本発明の他の態様と組み合わせてもよい。

【0053】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、レーザ変調によって振幅および周波数変調が生じるが、FM変調の位相は、変調周波数によって変化するのに対して、生成されたAMは、周波数に対して無視できる位相差を示す、という事実に基づいてなされたものである。すなわち、広範囲な周波数に渡って、ディザ変調の結果出力される「不要な」AM部分に直交する、レーザ出力とし

てのFM変調成分が存在し、この範囲の周波数でレーザを変調することで、また、この直交する成分だけを検出することによって、不要なAMに起因する、検出したディザ振幅中のエラーを減少させたり、除去することができる。

【0054】例えば、レーザが生成する不要なAM量は、デバイスにより、また、時間により変化するため、それが、検出されたディザ振幅から除去されない限り、補償することは困難であるから、上記エラーを減少させることや除去することは、特に、不要なAM量が変わるときに有用である。

【0055】また、本発明によれば、レーザの振幅変調と決定された振幅変調との比較を行う位相感知比較手段を備えることで、レーザ変調に起因する、検出された変調部分を他の部分と切り離すことができる。

【0056】本発明によれば、位相感知比較手段への入力の前に、レーザの振幅変調または検出された振幅変調を示す信号を、他の変調に対して位相推移させる手段を備えることで、レーザ変調とほぼ位相が直交する部分を得ることができる。

【0057】本発明によれば、位相感知比較手段への入力用に直交信号を出力して、位相推移を行うよう動作するディザ発振器を備えることで、位相推移手段が不要となり、構成を簡単にすることができる。

【0058】また、本発明によれば、選択された周波数帯を抽出し、この選択した周波数帯を、検出された振幅変調の部分より区別する手段を備えることが、特にレーザ変調が広範囲の周波数に渡る場合、有用である。そして、位相感知比較手段は、それが、周波数の制限された範囲で動作する場合、より良い結果を生む。周波数を選択するフィルタは、この位相感知比較手段へのいずれかの入力側に設置するか、双方の入力側に設置できる。

【0059】本発明によれば、通過した部分を監視する代わりに、素子によって除去された入力信号の部分の決定する手段を備えることによって、制御ループに対する帯域幅を改善することができ、特に、その素子が、信号電力の内、通過するより除去する量が多くなるよう構成された狭帯域フィルタの場合、帯域幅を良好に改善できる。また、この素子が3ポート・フィルタの場合、除去された信号を直接、測定することができる。

【0060】本発明によれば、レーザ振幅と位相の直交した検出部分を最大にするようレーザ振幅を決定することで、制御ループ内のノイズを最小にする効果が得られ、従って、レーザ変調の検出精度も向上する。

【0061】さらに、本発明によれば、制御手段が、レーザの周波数と光素子の周波数応答との一定の関係を維持するよう動作することで、ある素子を他の素子に対してロックするという顕著な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】レーザの周波数制御を行う、従来の光伝送シ



13

システムを概略的に示す図である。

【図2】 可調フィルタの応答が制御される、同様な光伝送システムを示す図である。

【図3】 レーザによって出力された周波数変調のベクトル和がどのように周波数とともに変化するかを示す位相図である。

【図4】 レーザ周波数制御システムがレーザの周波数を制御する、本発明の実施の形態を示す図である。

【図5】 図4の実施の形態をより詳細に示す図である。

【図6】 図4の実施の形態について、別の例を概略的に示す図である。

【図7】 図4の実施の形態について、さらに別の例を概略的に示す図である。

14

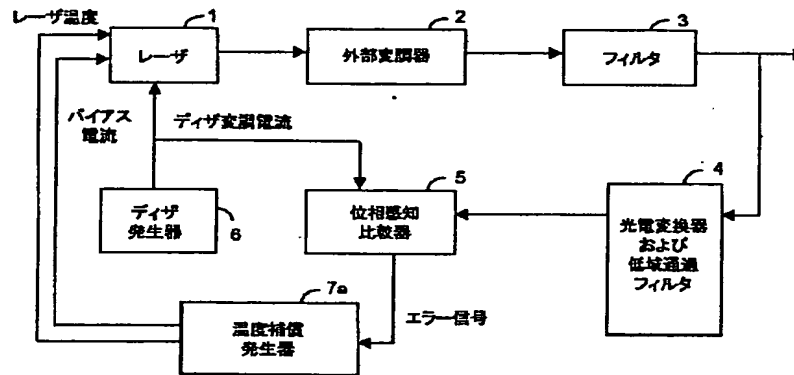
【図8】 可調素子の制御を示す、本発明のもう1つの実施の形態を概略的に示す図である。

【図9】 図8の実施の形態について可能な例を概略的に示す図である。

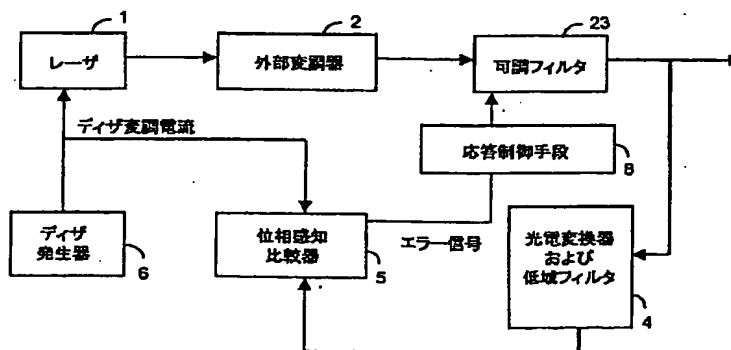
【符号の説明】

1…レーザ、2…外部変調器、3…フィルタ、4…光電変換器および低域通過フィルタ、5…位相感知比較器、6…ディザ発生器、7…温度制御手段、7a…温度補償発生器、8…応答制御手段、9…位相推移手段、10…狭帯域フィルタ、23…可調フィルタ、32…素子、33…レーザ周波数制御システム、34…周波数変調適用手段、35…振幅変調決定手段、36…識別手段、37, 67…制御手段

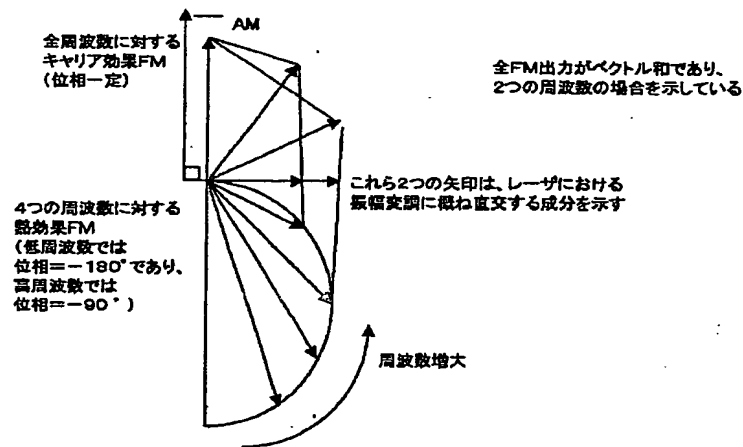
【図1】



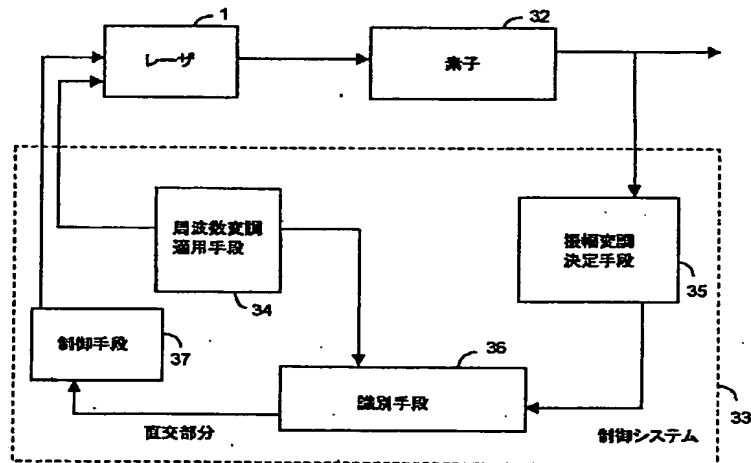
【図2】



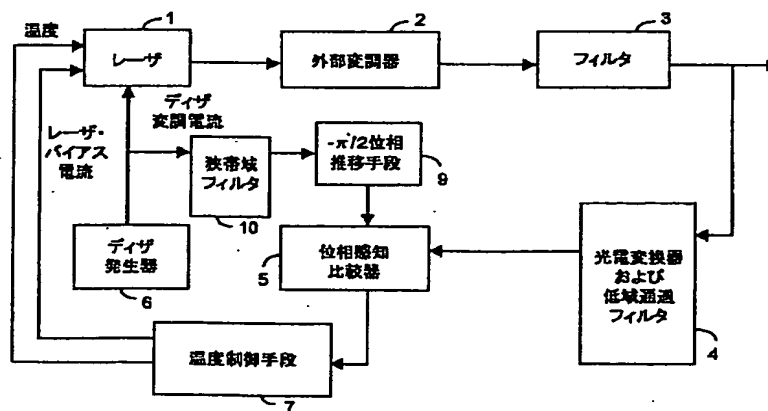
【 図3 】



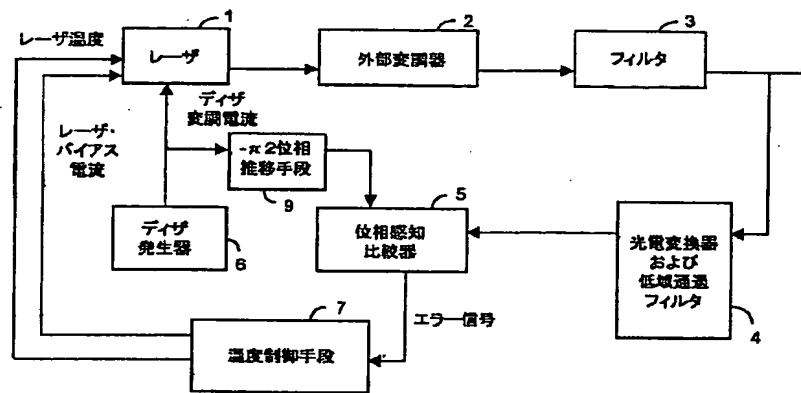
【 図4 】



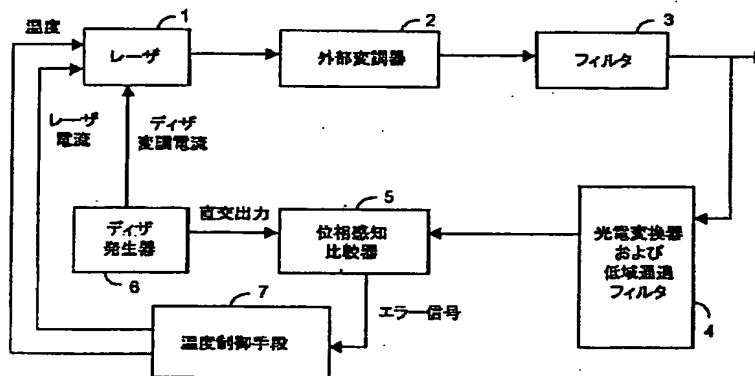
【 図6 】



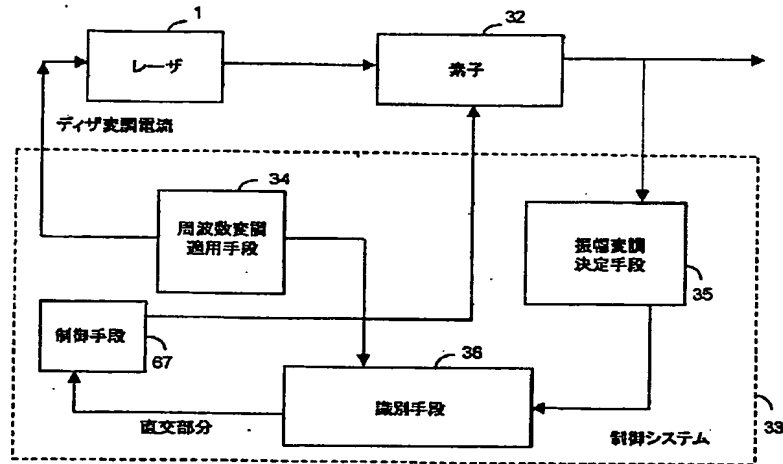
【 図5 】



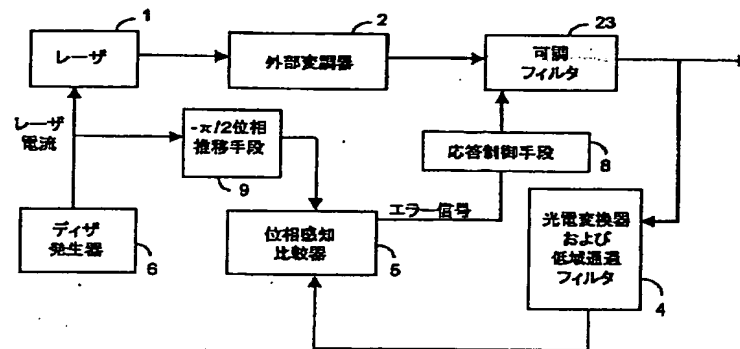
【 図7 】



【 図8 】



【 図9 】



フロントページの続き

(72)発明者 リチャード・エドワード・エプワース  
イギリス国、シーエム21 0ビーディー、  
ハーツ、ソーブリッジワース、セイモア  
ミューズ 18

(72)発明者 ダンカン・ジョン・フォーベス  
イギリス国、シーエム23, 5エルディー、  
ハーツ、ビショップ ストーツフォード、  
ファイヤウェイ 10